

P21788.P04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant :L. WANG

Serial No. :Not Yet Assigned

Filed :Concurrently Herewith

For :A METHOD FOR LIGHTING-AND VIEW ANGLE-INVARIANT FACE  
DESCRIPTION WITH FIRST-AND SECOND-ORDER EIGENFEATURES

**CLAIM OF PRIORITY**

Commissioner of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicant hereby claims the right of priority granted pursuant to 35 U.S.C. 119 based upon  
Japanese Application No. 2000-385126, filed December 19, 2000. As required by 37 C.F.R. 1.55,  
a certified copy of the Japanese application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,  
L. WANG

*Leslie J. Paperman* Reg. No.  
Bruce H. Bernstein 33,329  
Reg. No. 29,027

December 18, 2001  
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.  
1941 Roland Clarke Place  
Reston, VA 20191  
(703) 716-1191



#4  
TC  
4-13-04

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

J1059 U.S. PTO  
10/020293  
12/18/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-385126

出 願 人

Applicant(s):

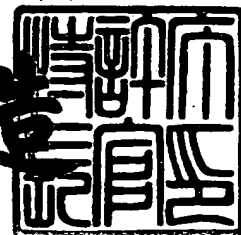
松下電器産業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年11月 2日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 173600

【提出日】 平成12年12月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 17/30

【発明者】

【住所又は居所】 シンガポール 5 3 4 4 1 5 シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック 1 0 2 2、0 4 - 3 5 3 0 番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式会社内

【氏名】 ワン・レイ

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 蓓

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

特2000-385126

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602660

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 一次および二次固有特徴を用いる照明および視角に影響されない顔面記述方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 顔面イメージの調整された二次固有特徴を得るステップと、  
前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、  
前記量子化された二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、  
を含む、照明に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法。

【請求項 2】 顔面イメージの調整された二次固有特徴を得るステップと、  
前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、  
前記量子化された二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、  
前記選択された固有特徴を照明に影響されない顔面記述子にコード化するステップと、

を含む、照明に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法。

【請求項 3】 顔面イメージの調整された一次固有特徴を得るステップと、  
顔面イメージの調整された二次固有特徴を得るステップと、  
前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、  
前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、  
前記量子化された一次および二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、  
を含む、視角に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法。

【請求項 4】 調整された一次固有特徴を得るステップと、  
調整された二次固有特徴を得るステップと、  
前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、  
前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、  
前記量子化された一次および二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、

前記選択された固有特徴を視角に影響されない顔面記述子にコード化するステップと、

を含む、視角に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法。

【請求項 5】 顔面イメージと調整された二次固有顔面行列の内積を求めるステップを含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の顔面イメージの調整された二次固有特徴を求める方法。

【請求項 6】 顔面イメージと調整された一次固有顔面行列の内積を求めるステップを含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の顔面イメージの調整された一次固有特徴を求める方法。

【請求項 7】 一次固有顔面行列を計算するステップと、  
前記一次固有顔面行列を調整するステップと、  
を含む、請求項 6 に記載の前記調整された一次固有顔面行列を計算する方法。

【請求項 8】 二次固有顔面行列を計算するステップと、  
前記二次固有顔面行列を調整するステップと、  
を含む、請求項 5 に記載の前記調整された二次固有顔面行列を計算する方法。

【請求項 9】 学習用顔面イメージの一次固有特徴を得るステップと、  
一次固有顔面を原イメージの二次元配列として構成するステップと、  
前記二次元配列の鏡像形成された固有顔面を得るステップと、  
前記鏡像形成された固有顔面イメージに重み付けを行なうステップと、  
前記重み付けられた固有顔面イメージを前記一次固有顔面に加えるステップと

一次元の調整された一次固有顔面を得るために一次固有顔面を再構成するステップと、

一次固有顔面を正規化するステップと、  
距離計算のために調整された一次固有特徴の重みを得るステップと、  
距離計算のための一次固有特徴の重みを調整された一次固有顔面行列へ乗ずるステップと

一次固有顔面行列を量子化するステップと、  
を含む、請求項 7 に記載の前記一次固有顔面を調整する方法。

【請求項 1 0】 一次固有顔面行列を計算するステップと、  
 学習用顔面イメージから一次固有特徴を得るステップと、  
 前記一次固有顔面行列の擬似逆行列を計算するステップと、  
 前記一次固有特徴を一次固有顔面行列の前記逆行列に乗ずることにより再構成された一次顔面イメージを計算するステップと、  
 原イメージから再構成された一次顔面イメージを差し引くことにより二次残余イメージを得るステップと、  
 前記二次残余イメージの固有ベクトルを計算することにより二次固有顔面を得るステップと、  
 を含む、請求項 8 に記載の二次固有顔面を計算する方法。

【請求項 1 1】 顔面イメージと二次固有顔面の内積を計算することにより学習用顔面イメージの二次固有特徴を得るステップと、  
 二次固有顔面を原イメージの形状に再整形し、左右対称に鏡像形成された固有顔面イメージを得るステップと、  
 鏡像形成された固有顔面イメージに重み付けを行ない、それらに対応する原イメージに整形された二次固有顔面イメージに加えるステップと、  
 一次元の調整された二次固有顔面を得るために原イメージに整形された二次固有顔面を再構成するステップと、  
 調整された二次固有顔面を正規化するステップと、  
 距離計算のために二次固有特徴の重みを得るステップと、  
 距離計算のための二次固有特徴の重みを調整された二次固有顔面行列へ乗ずるステップと

二次固有顔面行列を量子化するステップと、  
 を含む、請求項 8 に記載の二次固有顔面を調整する方法。

【請求項 1 2】 調整された一次固有顔面行列の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有顔面行列を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、  
を含む、請求項 9 に記載の調整された一次固有顔面行列を量子化する方法。

【請求項 1 3】 前記調整された二次固有顔面行列の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有顔面行列を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、  
を含む、請求項 1 1 に記載の調整された二次固有顔面行列を量子化する方法。

【請求項 1 4】 前記量子化された二次固有顔面行列に請求項 1 1 の前記量子化刻みを乗ずることにより、復元された調整済み二次固有顔面を得るステップと、

復元された調整済み二次固有顔面の各列に顔面イメージの各行を乗ずることにより二次固有特徴を得るステップと、

を含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の調整された二次固有特徴を得る方法。

【請求項 1 5】 前記量子化された一次固有顔面行列に請求項 1 2 の前記量子化刻みを乗ずることにより、復元された調整済み一次固有顔面を得るステップと、

復元された調整済み一次固有顔面の各列に顔面イメージの各行を乗ずることにより一次固有特徴を得るステップと、

を含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の目の調整された一次固有特徴を得る方法。

【請求項 1 6】 学習用イメージの前記調整された二次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、



を含む、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の調整された二次固有特徴を量子化する方法。

【請求項17】 学習用イメージの前記調整された二次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、

標準偏差の最小値で除算された学習用集合内の対応固有特徴の標準偏差の丸められた対数を計算することにより、異なる固有特徴に異なる個数のビットを割当てするステップと、

前記固有特徴を対応ビット割当てに従って量子化するステップと、

を含む、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の調整された二次固有特徴を量子化する方法。

【請求項18】 学習用イメージの前記調整された一次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された一次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、

を含む、請求項3または4のいずれか1項に記載の調整された一次固有特徴を量子化する方法。

【請求項19】 学習用イメージの前記調整された一次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された一次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、

標準偏差の最小値で除算された学習用集合内の対応固有特徴の標準偏差の丸め

られた対数を計算することにより、異なる固有特徴に異なる個数のビットを割当ててステップと、

前記固有特徴を対応ビット割当てに従って量子化するステップと、  
を含む、請求項3または4のいずれか1項に記載の調整された一次固有特徴を量子化する方法。

【請求項20】 学習用顔面イメージの前記調整された一次固有特徴の標準偏差を得るステップと、

前記標準偏差の平方根を抽出することにより重みを得るステップと、  
を含む、距離計算のための調整された一次固有特徴の重みを得る請求項9に記載の方法。

【請求項21】 学習用顔面イメージの前記調整された二次固有特徴の分散を得るステップと、

前記分散の平方根を抽出することにより、調整された二次固有特徴の重みを得るステップと、  
を含む、距離計算のために調整された二次固有特徴の重みを得る請求項11に記載の方法。

【請求項22】 請求項1または2に記載の方法により照明に影響されない顔面記述のための顔面の固有特徴を抽出するステップと、

前記顔面の固有特徴のユークリッド距離を得るステップと、  
最適に合致する顔面のペアを示す最小ユークリッド距離を選択するステップと、  
を含む、照明に影響されない顔面同士の類似度を測定する方法。

【請求項23】 請求項3または4に記載の方法により視角に影響されない顔面記述のための顔面の固有特徴を抽出するステップと、

顔面の特徴のユークリッド距離を得るステップと、  
最適に合致する顔面のペアを示す最小ユークリッド距離を選択するステップと、  
を含む、視角に影響されない顔面同士の類似度を測定する方法。

【請求項24】 請求項1または2に記載の方法により学習用集合の前記量

子化された固有特徴を得るステップと、

ビット割当てに従って前記固有特徴をグループに分類するステップと、

エントロピーコード化法を用いて同一ビット割当てを有する前記固有特徴のグループの各々に対してコード表を構成するステップと、  
を含む、照明に影響されない顔面記述子を可変コード化（VLC）するためのコード表を得る方法。

【請求項 2 5】 請求項 3 または 4 に記載の方法により学習用集合の前記量子化された固有特徴を得るステップと、

ビット割当てに従って前記固有特徴をグループに分類するステップと、

エントロピーコード化手法を用いて同一ビット割当てを有する前記固有特徴のグループを各々に対してコード表を構成するステップと、  
を含む、視角に影響されない顔面記述子を可変コード化（VLC）するためのコード表を得る方法。

【請求項 2 6】 前記エントロピーコード化手法は量子化レベルの確率に基づいた Huffman コード化手法である、請求項 2 4 または 2 5 のいずれか 1 項に記載のコード表構成方法。

【請求項 2 7】 前記エントロピーコード化手法は量子化レベルの確率に基づいた算術コード化手法である、請求項 2 4 または 2 5 のいずれか 1 項に記載のコード表構成方法。

【請求項 2 8】 各々の量子化された固有特徴について請求項 2 4 に記載の方法により生成されたコード表を参照し、対応するコード語を用いて前記量子化された固有特徴を表現するステップを含む、請求項 1 または 2 のいずれか 1 項に記載の照明に影響されない顔面記述子をコード化する方法。

【請求項 2 9】 各々の量子化された固有特徴について請求項 2 5 に記載の方法により生成されたコード表を参照し、対応するコード語を用いて前記量子化された固有特徴を表現するステップを含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の視角に影響されない顔面記述子をコード化する方法。

【請求項 3 0】 請求項 7 に記載の方法により顔面イメージの調整された一次固有特徴を得るステップと、

請求項 1 9 に記載の方法により前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成するために特徴を選択するステップと、

を含む、一般的な顔面記述用の特徴を抽出する方法。

【請求項 3 1】 請求項 7 に記載の方法により顔面イメージの調整された一次固有特徴を得るステップと、

請求項 1 9 に記載の方法により前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成するために特徴を選択するステップと、

前記選択された固有特徴を顔面記述子にコード化するステップと、  
を含む、一般的な顔面記述用の特徴を抽出する方法。

【請求項 3 2】 視角に影響されない顔面記述を行なうために大きさが上位  $N$  個の固有値に対応する固有特徴を選択するステップを含む、請求項 3 0 または 3 1 のいずれかに記載の、前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成する特徴を選択する方法。

【請求項 3 3】 照明に影響されない顔面記述を行なうために大きさが上位  $k$  番目から  $N$  番目の固有値 ( $0 < k < N$ ) に対応する固有特徴を選択するステップを含む、請求項 3 0 または 3 1 のいずれかに記載の、前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成する特徴を選択する方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンテンツに基づくイメージ検索用の顔面記述、認識、銀行、セキュリティシステムやテレビ電話用の人の顔面識別および照合、監視や追跡、電子図書館、およびインターネットマルチメディアデータベースに利用することができる。

【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

人の顔面の認知は、コンピュータビジョン研究において活発な分野である。顔面の認識は、マルチメディアデータベース検索その他多くの用途で今後重要な役割を果たすであろう。近年、顔面の検出／認識の問題についてかなりの進展が見られる。各種の具体的な技術が提案された。これらの技術の中で、ニューラルネット、伸縮テンプレートマッチング、Karhunen-Loeve展開、代数モーメントおよび等密度線が、代表的な方法である。

## 【0003】

これらの方法のうち、主成分分析（PCA）すなわちKarhunen-Loeve展開は重要な方法である。固有顔面法は、PCAから導出されていて、計算に便利であり、一貫した精度で識別が可能である。従来の研究によれば、PCA法は異なる種類の情報を自然に分離する。固有値が大きい固有ベクトルは、顔面のサブセットに共通の情報を取得し、固有値が小さい固有ベクトルは、個々の顔面に特有の情報を得る。研究によれば、固有値が大きい固有ベクトルに含まれる情報のみを、まだ学習されていない新しい顔面に対して汎用的に用いることができる。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

固有顔面法の利点は、固有値が大きい固有ベクトルが顔面の基本的な形状および構造に関する情報を伝達することである。これは、固有値が大きい固有ベクトルから抽出された特徴を用いて人の顔面の主要な特徴を記述できることを意味する。しかし、これはPCAの弱点でもある。固有値が大きい固有ベクトルから抽出された特徴だけを考慮するならば、個々の顔面に対応する顔面の細部を得ることができない。これら個々の顔面の細部を人の顔面の共通特徴と合わせて記述することができれば、人の顔面をより正確に記述することが可能となる。

## 【0005】

さらに、顔面のイメージが異なる照明条件や異なる視角のもとで撮影されている場合、人の顔面を表現する適当な固有ベクトルを得ることは難しい。発明者らの経験上、通常の固有顔面法は異なる照明条件下で顔面を認識するには適していない。しかし、同一人物の多くの顔面イメージが異なる照明および視角条件下で

撮影されている。照明にも視角にも影響されない顔面記述は依然として探索すべき重要な分野である。

# 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

固有顔面法は、形状や構造などの共通的な顔面特徴を抽出するのに有効である。固有値が小さい固有ベクトルを切り捨てた際に失われた顔面の細部を得るために、固有値が大きい固有ベクトルからの特徴で再構成された顔面を取得すべきである。再構成された顔面イメージを用いて、原イメージと再構成されたイメージとの間の残余イメージを得ることができる。これらの残余顔面は、個々の顔面に関する豊富な詳細情報をまだ含んでいる高域通過された顔面イメージとみなすことができる。前記残余顔面を記述するために、固有顔面法を再度これらの残余顔面に適用することができる。得られた固有値が大きい固有ベクトルは、残余顔面の共通の特徴を明らかにする。この方法を用いて、固有値が大きい二次の固有ベクトルが得られ、対応する特徴を抽出することができる。発明者らの実験によれば、一次および二次固有特徴は共に視角に影響されない顔面記述に有効であるが、二次固有特徴はまた照明に影響されない顔面記述にも有効である。従って、一次および二次固有特徴の組み合わせは視角に影響されない顔面記述に、二次固有特徴は照明に影響されない顔面記述に用いることができる。顔面記述のもう一つの方法は、一次固有特徴だけを用いることである。照明に影響されない顔面記述のためには、固有値の大きさが上位  $k$  個の固有顔面から発生する照明の変動を避けるために固有値の大きさが上位  $k$  番目から  $N$  番目 ( $0 < k \leq N$ ) の範囲にある固有顔面から抽出された固有特徴のみが用いられる。視角に影響されない顔面特徴は大きさが上位  $N$  個の固有値に対応する固有顔面から抽出された固有特徴であってよい。

# 【0007】

また、顔面記述を考える際に重要な特徴として顔面の対称性がある。大多数の人々の顔面は対称である。そこで同一人物を表現するのに左右の鏡像が形成された顔面イメージの利用が考えられる。その結果、原イメージおよび鏡像形成されたイメージの固有特徴は共に同一人物を表現することができる。従って、2 個の

イメージの固有特徴の線形結合を用いて原イメージを表現することができる。原イメージと鏡像形成されたイメージを区別するために、異なる重みを用いて固有特徴を組合せてもよい。

【0008】

請求項1の発明は、顔面イメージの調整された二次固有特徴を得るステップと、

前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、

を含む、照明に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法である。

【0009】

請求項2の発明は、顔面イメージの調整された二次固有特徴を得るステップと、

前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、

前記選択された固有特徴を照明に影響されない顔面記述子にコード化するステップと、

を含む、照明に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法である。

【0010】

請求項3の発明は、顔面イメージの調整された一次固有特徴を得るステップと、

顔面イメージの調整された二次固有特徴を得るステップと、

前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、

前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された一次および二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、

を含む、視角に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法である。

【0011】

請求項 4 の発明は、 調整された一次固有特徴を得るステップと、  
 調整された二次固有特徴を得るステップと、  
 前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、  
 前記調整された二次固有特徴を量子化するステップと、  
 前記量子化された一次および二次固有特徴から顔面を記述するための顔面記述子を構成する特徴を選択するステップと、  
 前記選択された固有特徴を視角に影響されない顔面記述子にコード化するステップと、  
 を含む、視角に影響されない顔面記述用の特徴を抽出する方法である。

【 0 0 1 2 】

請求項 5 の発明は、 顔面イメージと調整された二次固有顔面行列の内積を求めるステップを含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の顔面イメージの調整された二次固有特徴を求める方法である。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 の発明は、 顔面イメージと調整された一次固有顔面行列の内積を求めるステップを含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の顔面イメージの調整された一次固有特徴を求める方法である。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 の発明は、 一次固有顔面行列を計算するステップと、  
 前記一次固有顔面行列を調整するステップと、  
 を含む、請求項 6 に記載の前記調整された一次固有顔面行列を計算する方法である。

【 0 0 1 5 】

請求項 8 の発明は、 二次固有顔面行列を計算するステップと、  
 前記二次固有顔面行列を調整するステップと、  
 を含む、請求項 5 に記載の前記調整された二次固有顔面行列を計算する方法である。

【 0 0 1 6 】

請求項 9 の発明は、 学習用顔面イメージの一次固有特徴を得るステップと、



一次固有顔面を原イメージの二次元配列として構成するステップと、  
前記二次元配列の鏡像形成された固有顔面を得るステップと、  
前記鏡像形成された固有顔面イメージに重み付けを行なうステップと、  
前記重み付けられた固有顔面イメージを前記一次固有顔面に加えるステップと

一次元の調整された一次固有顔面を得るために一次固有顔面を再構成するステップと、

一次固有顔面を正規化するステップと、  
距離計算のために調整された一次固有特徴の重みを得るステップと、  
距離計算のための一次固有特徴の重みを調整された一次固有顔面行列へ乗ずるステップと

一次固有顔面行列を量子化するステップと、  
を含む、請求項 7 に記載の前記一次固有顔面を調整する方法である。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 0 の発明は、 一次固有顔面行列を計算するステップと、  
学習用顔面イメージから一次固有特徴を得るステップと、  
前記一次固有顔面行列の擬似逆行列を計算するステップと、  
前記一次固有特徴を一次固有顔面行列の前記逆行列に乗ずることにより再構成された一次顔面イメージを計算するステップと、

原イメージから再構成された一次顔面イメージを差し引くことにより二次残余イメージを得るステップと、

前記二次残余イメージの固有ベクトルを計算することにより二次固有顔面を得るステップと、

を含む、請求項 8 に記載の二次固有顔面を計算する方法である。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 1 の発明は、 顔面イメージと二次固有顔面の内積を計算することにより学習用顔面イメージの二次固有特徴を得るステップと、

二次固有顔面を原イメージの形状に再整形し、左右対称に鏡像形成された固有顔面イメージを得るステップと、

鏡像形成された固有顔面イメージに重み付けを行ない、それらに対応する原イメージに整形された二次固有顔面イメージに加えるステップと、

一次元の調整された二次固有顔面を得るために原イメージに整形された二次固有顔面を再構成するステップと、

調整された二次固有顔面を正規化するステップと、

距離計算のために二次固有特徴の重みを得るステップと、

距離計算のための二次固有特徴の重みを調整された二次固有顔面行列へ乗ずるステップと

二次固有顔面行列を量子化するステップと、

を含む、請求項 8 に記載の二次固有顔面を調整する方法である。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 2 の発明は、 調整された一次固有顔面行列の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有顔面行列を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、

を含む、請求項 9 に記載の調整された一次固有顔面行列を量子化する方法である。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 3 の発明は、 前記調整された二次固有顔面行列の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有顔面行列を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、

を含む、請求項 1 1 に記載の調整された二次固有顔面行列を量子化する方法である。

【 0 0 2 1 】

請求項14の発明は、前記量子化された二次固有顔面行列に請求項11の前記量子化刻みを乗ずることにより、復元された調整済み二次固有顔面を得るステップと、

復元された調整済み二次固有顔面の各列に顔面イメージの各行を乗ずることにより二次固有特徴を得るステップと、  
を含む、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の調整された二次固有特徴を得る方法である。

【0022】

請求項15の発明は、前記量子化された一次固有顔面行列に請求項12の前記量子化刻みを乗ずることにより、復元された調整済み一次固有顔面を得るステップと、

復元された調整済み一次固有顔面の各列に顔面イメージの各行を乗ずることにより一次固有特徴を得るステップと、  
を含む、請求項3または4のいずれか1項に記載の目の調整された一次固有特徴を得る方法である。

【0023】

請求項16の発明は、学習用イメージの前記調整された二次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、

前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、  
を含む、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の調整された二次固有特徴を量子化する方法である。

【0024】

請求項17の発明は、学習用イメージの前記調整された二次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、

前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、

前記調整された二次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、  
 前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、  
 標準偏差の最小値で除算された学習用集合内の対応固有特徴の標準偏差の丸められた対数を計算することにより、異なる固有特徴に異なる個数のビットを割当てるステップと、  
 前記固有特徴を対応ビット割当てに従って量子化するステップと、  
 を含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の調整された二次固有特徴を量子化する方法である。

【 0 0 2 5 】

請求項 1 8 の発明は、 学習用イメージの前記調整された一次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、  
 前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、  
 前記調整された一次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、  
 前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、  
 を含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の調整された一次固有特徴を量子化する方法である。

【 0 0 2 6 】

請求項 1 9 の発明は、 学習用イメージの前記調整された一次固有特徴の最大値および最小値を得るステップと、  
 前記最大値と前記最小値の間を複数の量子化レベルに分割することにより量子化刻みを得るステップと、  
 前記調整された一次固有特徴を前記量子化刻みで除算するステップと、  
 前記除算された値を最も近い整数に丸めるステップと、  
 標準偏差の最小値で除算された学習用集合内の対応固有特徴の標準偏差の丸められた対数を計算することにより、異なる固有特徴に異なる個数のビットを割当てるステップと、  
 前記固有特徴を対応ビット割当てに従って量子化するステップと、  
 を含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の調整された一次固有特徴を量

子化する方法である。

【 0 0 2 7 】

請求項 2 0 の発明は、 学習用顔面イメージの前記調整された一次固有特徴の標準偏差を得るステップと、

前記標準偏差の平方根を抽出することにより重みを得るステップと、  
を含む、距離計算のための調整された一次固有特徴の重みを得る請求項 9 に記載の方法である。

【 0 0 2 8 】

請求項 2 1 の発明は、 学習用顔面イメージの前記調整された二次固有特徴の分散を得るステップと、

前記分散の平方根を抽出することにより、調整された二次固有特徴の重みを得るステップと、  
を含む、距離計算のために調整された二次固有特徴の重みを得る請求項 1 1 に記載の方法である。

【 0 0 2 9 】

請求項 2 2 の発明は、 請求項 1 または 2 に記載の方法により照明に影響されない顔面記述のための顔面の固有特徴を抽出するステップと、

前記顔面の固有特徴のユークリッド距離を得るステップと、

最適に合致する顔面のペアを示す最小ユークリッド距離を選択するステップと

を含む、照明に影響されない顔面同士の類似度を測定する方法である。

【 0 0 3 0 】

請求項 2 3 の発明は、 請求項 3 または 4 に記載の方法により視角に影響されない顔面記述のための顔面の固有特徴を抽出するステップと、

顔面の特徴のユークリッド距離を得るステップと、

最適に合致する顔面のペアを示す最小ユークリッド距離を選択するステップと

を含む、視角に影響されない顔面同士の類似度を測定する方法である。

【 0 0 3 1 】

請求項 2 4 の発明は、 請求項 1 または 2 に記載の方法により学習用集合の前記量子化された固有特徴を得るステップと、

ビット割当てに従って前記固有特徴をグループに分類するステップと、

エントロピーコード化法を用いて同一ビット割当てを有する前記固有特徴のグループの各々に対してコード表を構成するステップと、

を含む、照明に影響されない顔面記述子を可変コード化（V L C）するためのコード表を得る方法である。

【 0 0 3 2 】

請求項 2 5 の発明は、 請求項 3 または 4 に記載の方法により学習用集合の前記量子化された固有特徴を得るステップと、

ビット割当てに従って前記固有特徴をグループに分類するステップと、

エントロピーコード化手法を用いて同一ビット割当てを有する前記固有特徴のグループを各々に対してコード表を構成するステップと、

を含む、視角に影響されない顔面記述子を可変コード化（V L C）するためのコード表を得る方法である。

【 0 0 3 3 】

請求項 2 6 の発明は、 前記エントロピーコード化手法は量子化レベルの確率に基づいた H u f f m a n コード化手法である、請求項 2 4 または 2 5 のいずれか 1 項に記載のコード表構成方法である。

【 0 0 3 4 】

請求項 2 7 の発明は、 前記エントロピーコード化手法は量子化レベルの確率に基づいた算術コード化手法である、請求項 2 4 または 2 5 のいずれか 1 項に記載のコード表構成方法である。

【 0 0 3 5 】

請求項 2 8 の発明は、 各々の量子化された固有特徴について請求項 2 4 に記載の方法により生成されたコード表を参照し、対応するコード語を用いて前記量子化された固有特徴を表現するステップを含む、請求項 1 または 2 のいずれか 1 項に記載の照明に影響されない顔面記述子をコード化する方法である。

【 0 0 3 6 】

請求項 2 9 の発明は、 各々の量子化された固有特徴について請求項 2 5 に記載の方法により生成されたコード表を参照し、対応するコード語を用いて前記量子化された固有特徴を表現するステップを含む、請求項 3 または 4 のいずれか 1 項に記載の視角に影響されない顔面記述子をコード化する方法である。

【 0 0 3 7 】

請求項 3 0 の発明は、 請求項 7 に記載の方法により顔面イメージの調整された一次固有特徴を得るステップと、

請求項 1 9 に記載の方法により前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成するために特徴を選択するステップと、

を含む、一般的な顔面記述用の特徴を抽出する方法である。

【 0 0 3 8 】

請求項 3 1 の発明は、 請求項 7 に記載の方法により顔面イメージの調整された一次固有特徴を得るステップと、

請求項 1 9 に記載の方法により前記調整された一次固有特徴を量子化するステップと、

前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成するために特徴を選択するステップと、

前記選択された固有特徴を顔面記述子にコード化するステップと、  
を含む、一般的な顔面記述用の特徴を抽出する方法である。

【 0 0 3 9 】

請求項 3 2 の発明は、 視角に影響されない顔面記述を行なうために大きさが上位 N 個の固有値に対応する固有特徴を選択するステップを含む、請求項 3 0 または 3 1 のいずれかに記載の、前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成する特徴を選択する方法である。

【 0 0 4 0 】

請求項 3 3 の発明は、 照明に影響されない顔面記述を行なうために大きさが上位 k 番目から N 番目の固有値 ( $0 < k < N$ ) に対応する固有特徴を選択するス

テップを含む、請求項30または31のいずれかに記載の、前記量子化された一次固有特徴から顔面を記述する顔面記述子を構成する特徴を選択する方法である。

## 【0041】

## 【発明の実施の形態】

本発明は、照明や視角に影響されことなく人の顔面を記述する2種類の方法を提供する。これらはイメージ検索（顔面の例による照会）、個人識別および照合、監視および追跡、および他の顔面認識用途に利用できる。顔面の特徴を記述するために、発明者らの知見および推論に基づいて二次固有顔面の概念を提案する。最初に、学習用顔面イメージの集合から一次および二次固有顔面が導かれる。次に顔面の対称性の特徴を用いて固有顔面を調整することができる。これらの調整された固有顔面を用いて、調整された一次および二次固有特徴が得られる。これらの特徴の組合せを用いて顔面を記述することができる。この記述の場合、類似度の測定にユークリッド距離を使用することができる。

## 【0042】

M個のイメージ群の中でイメージ

$\Phi_i$

を考える（図1、ステップ110）。ここで、

$\Phi_i$

はラスタスキャンイメージの一次元ベクトルであり、

$\Psi$

を平均イメージとして定義する（図1、ステップ120）。

## 【数1】

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Phi_i \quad (1)$$

## 【0043】

すべてのイメージは、平均イメージからベクトル

$$\Gamma_i^{(1)} = \Phi_i - \Psi$$

だけ異なる（図1、ステップ130）。よって、データの共分散行列は、次のよ



うに定義される。

【数 2】

$$Q = A^{(1)} A^{(1)T} \quad (2)$$

ここで、

$$A^{(1)} = [\Gamma_1^{(1)} \Gamma_2^{(1)} \dots \Gamma_M^{(1)}]$$

である（図 1、ステップ 140）。

【0044】

Qは

$wh \times wh$

次元である。ここで、 $w$ はイメージの幅、 $h$ は高さである。この行列のサイズは巨大であるが、イメージベクトル $M$ の有限個数を合計するだけであるため、この行列の階数が $M-1$ を超えることはない。

$v_i^{(1)}$

が

$$A^{(1)T} A^{(1)}$$

( $i=1,2,\dots,M$ )の固有ベクトルである場合（図 1、ステップ 150）、

$$A^{(1)T} A^{(1)} v_i^{(1)} = \lambda_i^{(1)} v_i^{(1)}$$

（ここで、

$\lambda_i^{(1)}$

は

$$A^{(1)T} A^{(1)}$$

の固有値）であり、前式の左辺に

$$A^{(1)}$$

を乗ずることにより分かるように

$$A^{(1)T} v_i^{(1)}$$

は

$$A^{(1)} A^{(1)T}$$

の固有ベクトルである。すなわち、

【数 3】

$$A^{(1)} A^{(1)T} A^{(1)} v_i^{(1)} = A^{(1)} \lambda_i^{(1)} v_i^{(1)} = \lambda_i^{(1)} A^{(1)} v_i^{(1)}$$

となる。

【0045】

しかし、

$$A^{(1)T} A^{(1)}$$

のサイズは

$$M \times M$$

にすぎない。それゆえ、

$$A^{(1)} A^{(1)T}$$

の固有ベクトル

$$u_i^{(1)}$$

を定義すると、次のようになる。

【数 4】

$$u_i^{(1)} = A^{(1)} v_i^{(1)} = \sum_{k=1}^M v_{ik}^{(1)} \Gamma_k^{(1)}$$

【0046】

固有値

$$\lambda_i^{(1)}$$

は、固有ベクトル

$$u_i^{(1)}$$

が張る新しい座標空間に沿った分散である（図 1、ステップ 160）。以後、固有値

$$\lambda_i^{(1)}$$

が減少するよう  $i$  が順序付けられているものと仮定する。固有値は、指数的に減少している。よって、

$$W^{(1)} = \{v_k^{(1)}\}$$

（ここで、

$$w_k^{(1)} = u_k^{(1)T} \Gamma^{(1)}$$

および

$$1 \leq k \leq M_1)$$

を計算することにより、顔面イメージ

$$\Gamma^{(1)}$$

を  $M_1$  次元のみ

$$(M_1 \ll M)$$

の上へ射影することができる。

$$w_k^{(1)}$$

は、新しい座標系の

$$\Gamma^{(1)}$$

の  $k$  番目の座標である。この意味で、

$$W^{(1)}$$

を一次特徴と呼ぶ。ベクトル

$$u_k^{(1)}$$

は、実際にはイメージであり、一次固有顔面と呼ぶ（一般に、他の文書では固有顔面と呼ばれる）。

$$U^{(1)} = [u_1^{(1)} u_2^{(1)} \dots u_{M_1}^{(1)}]$$

とすると（図 1、ステップ 170）、

【数 5】

$$W^{(1)} = U^{(1)T} \Gamma^{(1)} \quad (3)$$

（図 1、ステップ 180）となる。

【0047】

図 1 に一次特徴

$$W^{(1)}$$

を計算する手順を示す。同図において、

$$\text{eig}(B, i)$$

は、 $i$  番目に大きい固有値およびそれに対応する行列の固有ベクトルを計算する関数である。式（3）の興味深い副産物は、

$$W^{(1)}$$

から再構成行列を得ることができることである。

$U^{(1)}$

は

$M_1 \times P$

行列であるため、その逆行列は求められない。しかし、その擬似逆行列を用いて逆行列を近似することはできる。

$U^{(1)+}$

を

$U^{(1)T}$

の擬似逆行列とすると、

【数 6】

$$\hat{\Gamma}^{(1)} = U^{(1)+} W^{(1)} \quad (4)$$

ここで、

$\hat{\Gamma}^{(1)}$

は

$W^{(1)}$

および

$U^{(1)}$

から再構成された行列である。図 2 で、数枚の原顔面イメージおよびそれらに対応する再構成顔面イメージ

$(M_1 = 25)$

を与える。上段のイメージは再構成顔面イメージ

$$(\hat{\Phi}_i = \hat{\Gamma}_i^{(1)} + \Psi)$$

であり、中段のイメージは対応する原顔面イメージであり、下段のイメージは残余イメージ

$$(\Gamma_i^{(2)} = \Gamma_i^{(1)} - \hat{\Gamma}_i^{(1)})$$

である。再構成行列から、顔面の細部が失われていることが分かる。すなわち、

$W^{(1)}$

が記述する内容を低域通過フィルタイメージとみなすことができる。残余イメー

ジは、対応する高域通過フィルタイメージである。再構成行列を観察すると、いくつかのイメージは適当な解像度で再構成できず、これは一次特徴がこれらのイメージをうまく記述できないことを示す。再構成行列の質が悪いほど、より多くの情報が残余イメージに残されている。これらの残余イメージは個々のイメージに関する豊富な情報を依然として含むため、これらの残余顔面から顔面特徴を再度抽出すべきである。

【0048】

$$A^{(2)} = [\Gamma_1^{(2)} \Gamma_2^{(2)} \dots \Gamma_M^{(2)}]$$

$\lambda_i^{(2)}$

を

$$A^{(2)T} A^{(2)}$$

の固有値、

$v_i^{(2)}$

を

$$A^{(2)T} A^{(2)}$$

の対応する固有ベクトルとすると、

$$A^{(2)T} A^{(2)} v_i^{(2)} = \lambda_i^{(2)} v_i^{(2)}$$

である。上述の記載に基づいて、

$$A^{(2)} A^{(2)T}$$

の固有ベクトルは

$$u_i^{(2)} = A^{(2)} v_i^{(2)}$$

である。よって、

$$W^{(2)} = \{w_k^{(2)}\}$$

を計算することにより、残余顔面イメージ

$$\Gamma^{(2)}$$

を  $M_2$  次元のみ

$$(M_2 \ll M)$$

の上へ射影することができる。ここで、

【数 7】

$$w_k^{(2)} = u_k^{(2)T} \Gamma^{(2)} \quad (5)$$

および

$$1 \leq k \leq M_2$$

である。

$$u_k^{(2)}$$

は残余顔面イメージの固有ベクトルであるため、

$$u_k^{(2)}$$

を二次固有顔面、

$$w_k^{(2)}$$

を二次特徴と呼ぶ。

【0049】

$$U^{(2)} = [u_1^{(2)} u_2^{(2)} \dots u_{M_2}^{(2)}]$$

とすると、式 (5) は以下のように書ける。

【数 8】

$$\begin{aligned} W^{(2)} &= U^{(2)T} \Gamma^{(2)} \\ &= U^{(2)T} (\Gamma^{(1)} - \hat{\Gamma}^{(1)}) \\ &= U^{(2)T} (\Gamma^{(1)} - U^{(1)+} W^{(1)}) \\ &= U^{(2)T} (\Gamma^{(1)} - U^{(1)+} U^{(1)T} \Gamma^{(1)}) \\ &= (U^{(2)T} - U^{(2)T} U^{(1)+} U^{(1)T}) \Gamma^{(1)} \end{aligned} \quad (6)$$

【0050】

$$U_2 = (U^{(2)T} - U^{(2)T} U^{(1)+} U^{(1)T})^T$$

とすると、

【数 9】

$$W^{(2)} = U_2^T \Gamma^{(1)} \quad (7)$$

である。

【0051】

$$U_2$$

は定数変換行列であり、1回計算されるだけであるため、計算効率に影響しない

。顔面イメージは、

$$\Omega(\Phi) = [w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, \dots, w_{M_1}^{(1)}, w_1^{(2)}, w_2^{(2)}, \dots, w_{M_2}^{(2)}]^T$$

(ここで、

$$1 \leq M_1' \leq M_1$$

)により記述できる。固有顔面Uからの特徴計算のみに比べて

$\Omega(\Phi)$

を計算することによる計算量の負荷は増加しない。説明の便宜上、残余イメージを二次残余イメージと呼び、原顔面イメージを一次残余イメージと呼ぶ(原顔面イメージを零次残余イメージと呼ぶほうが良いように思われるにもかかわらず)

#### 【0052】

一次固有特徴は原イメージの特徴を記述し、二次固有特徴は高域通過イメージの特徴を示す。これらの特徴は異なる用途に利用できる。

#### 【0053】

照明に影響されないケースでは、イメージの視角はほぼ同じであるが、照明条件は異なる。照明光は左、右、あるいは両方向から照らされる可能性がある。また顔面も明るかったり暗かったりする。この状況で、イメージの特徴はフィルタリングした後で抽出されねばならない。すなわち、一次固有特徴はこのケースには適していない。二次固有特徴のみが適している。一方、視角に影響されないケースを考える場合、同一人物のイメージをほぼ同じ照明条件下で撮影するが視角あるいはポーズは同じではない。この状況で、顔面を記述するのに一次および二次固有特徴が重要である。

#### 【0054】

従って、照明に影響されない状況を記述する顔面記述子として二次固有特徴を、視角に影響されない状況を記述する顔面記述子として一次および二次固有特徴を用いることにする。

#### 【0055】

顔面記述を考える際に重要な特徴として顔面の対称性がある。大多数の人々の顔面は対称である。そこで同一人物を表現するのに鏡像形成された顔面イメージ

の利用が考えられる。その結果、原イメージおよび鏡像形成されたイメージの固有特徴は共に同一人物を表現することができる。従って、2個のイメージの固有特徴の線形結合を用いて原イメージを表現することができる。原イメージと鏡像形成されたイメージを区別するために、異なる重みを用いて特徴を計算してもよい。

【0056】

$\Phi$

を原イメージ、

$\Phi'$

を

$\Phi$

の鏡像形成であるとする、調整された固有特徴は以下で表わされる。

【数10】

$$\bar{w}_i^{(1)}(\Phi) = w_i^{(1)}(\Phi) + c \cdot w_i^{(1)}(\Phi')$$

および

【数11】

$$\bar{w}_i^{(2)}(\Phi) = w_i^{(2)}(\Phi) + c \cdot w_i^{(2)}(\Phi')$$

ここで、 $0 \leq c \leq 1$  は調整の重みである。計算を簡略化するために、計算順序を並べ替えてもよい。

【0057】

$$w_i^{(1)}(\Phi') = u_i^{(1)T} \Gamma^{(1)} = u_i^{(1)T} \Gamma^{(1)}$$

であるため、以下が成り立つ。

【数12】

$$\begin{aligned} \bar{w}_i^{(1)}(\Phi) &= w_i^{(1)}(\Phi) + c \cdot w_i^{(1)}(\Phi') \\ &= u_i^{(1)T} \Gamma^{(1)} + c \cdot u_i^{(1)T} \Gamma^{(1)} \\ &= \left( u_i^{(1)T} + c \cdot u_i^{(1)T} \right) \Gamma^{(1)} \end{aligned}$$

ここで、

$u_i^{(1)T}$   
は



$u_i^{(1)T}$

の鏡像形成された固有顔面である。図3に

$u_i^{(1)T}$

から

$u_i^{(1)T}$

を得る手続きを示す。同じ方法を用いて以下が得られる。

【数13】

$$\begin{aligned}\bar{W}^{(1)} &= U^{(1)T} \Gamma^{(1)} + c \cdot U^{(1)T} \text{flip}(\Gamma^{(1)}) \\ &= U^{(1)T} \Gamma^{(1)} + c \cdot \text{flip}(U^{(1)T}) \Gamma^{(1)} \\ &= (U^{(1)T} + c \cdot \text{flip}(U^{(1)T})) \Gamma^{(1)} \\ &= \bar{U}_1 \Gamma^{(1)}\end{aligned}\quad (8)$$

および

【数14】

$$\begin{aligned}\bar{W}^{(2)} &= U_2^T \Gamma^{(1)} + c \cdot U_2^T \text{flip}(\Gamma^{(1)}) \\ &= U_2^T \Gamma^{(1)} + c \cdot \text{flip}(U_2^T) \Gamma^{(1)} \\ &= (U_2^T + c \cdot \text{flip}(U_2^T)) \Gamma^{(1)} \\ &= \bar{U}_2 \Gamma^{(1)}\end{aligned}\quad (9)$$

ここで、 $\text{mirror}()$ は鏡面行列への左／右方向の鏡像形成関数である。

式(8)、式(9)を用いて、一次および二次固有顔面は、

$\bar{U}_1$

と

$\bar{U}_2$

に合わせることができる。

【0058】

上述の固有特徴を利用して人の顔面を効果的に記述することができる。しかし、固有特徴を顔面認識や関連用途向けの特徴とみなすならば、固有特徴はその範囲が同じでないため正規化すべきである。

【0059】

合理的な正規化の方法の一つは、当該固有特徴を学習用集合内の固有特徴の対

応する標準偏差で除算することである。

$\sigma_i^{(j)}$

を学習用集合内の

$w_i^{(j)}$

の標準偏差とする。ここに、 $j=1,2$ は一次または二次固有特徴を示す。するとイ

メージ

$\Phi$

の正規化された固有特徴は以下で与えられる。

【数 1 5】

$$\tilde{w}_i^{(j)}(\Phi) = \frac{w_i^{(j)}(\Phi)}{\sigma_i^{(j)}}$$

【0060】

顔面イメージの類似度は、単に正規化された射影間の重み付き距離として定義される。

【数 1 6】

$$\delta(\Phi_1, \Phi_2) = \sum_{i=1}^{M_1} \|a_i^{(1)}(\tilde{w}_i^{(1)}(\Phi_1) - \tilde{w}_i^{(1)}(\Phi_2))\| + \sum_{j=1}^{M_2} \|a_j^{(2)}(\tilde{w}_j^{(2)}(\Phi_1) - \tilde{w}_j^{(2)}(\Phi_2))\| \quad (10)$$

【0061】

$a_i^{(1)} = 0$

の場合、照明に影響されない顔面記述について顔面イメージの類似度は二次特徴のみを用いて測定される。視点に影響されない顔面記述の場合、一次および二次特徴の両方が必要である。重みは以下のように選ばれる。

【数 1 7】

$$a_i^{(1)} = \text{round} \left( \frac{\sqrt{\sigma_i^{(1)}}}{100} \right)$$

and

$$a_j^{(2)} = \text{round} \left( \frac{\sqrt{\sigma_j^{(2)}}}{100} \right)$$

## 【0062】

重みはまた用途に応じて別の数を選択してもよい。実際、計算量を減らすために重みは調整された固有顔面に埋め込まれてもよく、正規化パラメータもまた固有顔面行列へ移動させられてもよい。記憶容量を減らすために、固有顔面行列および固有特徴を浮動小数点から整数に量子化すべきである。

## 【0063】

$$\hat{u}_i^{(j)} = \text{Round}\left(a_i^{(j)} \frac{u_i^{(j)}}{\sigma_i^{(j)}} R^{(j)}\right)$$

とする。ここに、

$$R^{(j)} = \frac{128}{\max_i \left( \text{abs}\left(a_i^{(j)} \frac{u_i^{(j)}}{\sigma_i^{(j)}}\right) \right)}$$

Round() は丸め関数、および  $j=1, 2$  である。固有特徴は以下を用いて量子化できる。

## 【数 18】

$$\hat{w}_i^{(j)}(\Phi) = \begin{cases} -128, & \text{if } \text{Round}(d^{(j)} \hat{u}_i^{(j)} \Gamma^{(1)}) < -128 \\ 127, & \text{if } \text{Round}(d^{(j)} \hat{u}_i^{(j)} \Gamma^{(1)}) > 127 \\ \text{Round}(d^{(j)} \hat{u}_i^{(j)} \Gamma^{(1)}), & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、

$$d^{(j)} = \frac{128}{\max_{i,k} \left( \text{abs}\left(\frac{\hat{u}_i^{(j)}}{R^{(j)}} \Gamma_k\right) \right)} R^{(j)}, \Gamma_k$$

は学習用集合内のイメージである。特徴集合は

$$\hat{W}^{(1)} = \{\hat{w}_i^{(1)}\}$$

および

$$\hat{W}^{(2)} = \{\hat{w}_j^{(2)}\}$$

と書ける。従って、各固有特徴は 8 ビットに量子化できる。

## 【0064】

さらに、固有特徴全体のサイズを減らすために、固有特徴を学習用集合の標準

偏差に従って再量子化することができる。これは顔面記述子と検索精度の間のトレードオフと考えられる。発明者らの実験によれば、各固有特徴についてのビットを以下のように割当てることができる。

【数 19】

$$N_i^{(j)} = \text{round} \left( \log_2 \left( \frac{\sigma_i^{(j)}}{\min(\sigma^{(j)})} \times 16 \right) \right)$$

ここで、

$$\min(\sigma^{(j)})$$

は  $j$  次固有特徴の標準偏差の最小値である。異なる固有特徴は異なるビットを割当てて、範囲は依然として  $[-128, 127]$  のままである。この量子化方策により、顔面記述子のサイズは約 40% 減少するのに対し、検索精度は 1 乃至 2% しか落ちない。元の量子化方策が受容できるならば、さらなる量子化は不要である。上式により、視角に影響されない記述の場合における 2 個の顔面イメージ

$$\Phi_1, \Phi_2$$

間の距離は以下のように計算される。

【数 20】

$$\delta(\Phi_1, \Phi_2) = \sum_{i=1}^{M_1} \|\hat{w}_i^{(1)}(\Phi_1) - \hat{w}_i^{(1)}(\Phi_2)\| + \sum_{j=1}^{M_2} \|\hat{w}_j^{(2)}(\Phi_1) - \hat{w}_j^{(2)}(\Phi_2)\| \quad (11)$$

また、照明に影響されない記述の場合における 2 個の顔面イメージ

$$\Phi_1, \Phi_2$$

間の距離は以下のように計算される。

【数 21】

$$\delta(\Phi_1, \Phi_2) = \sum_{j=1}^{M_2} \|\hat{w}_j^{(2)}(\Phi_1) - \hat{w}_j^{(2)}(\Phi_2)\| \quad (12)$$

【0065】

さらに顔面記述子を圧縮するために、量子化された固有特徴に可変長コード化を適用することができる。この作業に Huffman コード化および算術コード化が利用できる。コード表は以下のように計算される。

- 1) 学習用集合内のイメージについて固有特徴を計算する。
- 2) 上述の方策により固有特徴を量子化する。
- 3) 同一のビット割当てを有する量子化された固有特徴について各量子化レベルの確率を計算する。
- 4) すべての量子化レベルについて可変長コードを計算する。
- 5) すべてのビット割当てケースについてステップ3) および4) を用いてすべてのコード表を計算する。

【0066】

この方法により、顔面記述子をさらに圧縮できる。それに対応して、2個の顔面記述子間の距離が計算できるようにするには、コード化された顔面記述子をデコードする必要がある。

【0067】

発明者らの観察によれば、視角および照明に影響されない顔面特徴を記述するのに一次特徴自身もまた利用できる。視角に影響されない顔面特徴は大きさが上位N個の固有値に対応する固有顔面から抽出された固有特徴であってよい。照明に影響されない顔面特徴は大きさが上位k個からN個の範囲にある固有値に対応する固有顔面から抽出された固有特徴であってよい。ここに $0 < k < N$ であるが、一般には $4 < k < 10$ かつ $40 < N < 60$ である。図4、図5は、それぞれ照明に影響されない顔面特徴を抽出する方法、視角に影響されない顔面特徴を抽出する方法を示したフローチャートである。

【0068】

図4の照明に影響されない顔面特徴を抽出する方法は、次のステップからなる。

- ステップ410: 調整された二次固有顔面行列を計算する。
- ステップ420: 調整された二次固有特徴を得る。
- ステップ430: 調整された二次固有特徴から顔面を記述する特徴を選択する。
- ステップ440: VLCにより量子化された固有特徴をコード化する。このステップは省略しても良い。

【0069】

図5の視角に影響されない顔面特徴を抽出する方法は、次のステップからなる。

ステップ510： 調整された一次固有顔面行列を計算する。

ステップ520： 調整された二次固有顔面行列を計算する。

ステップ530： 調整された一次固有特徴を得る。

ステップ540： 調整された二次固有特徴を得る。

ステップ550： 調整された一次および二次固有特徴を量子化する。

ステップ560： 調整された一次および二次固有特徴から顔面を記述する特徴を選択する。

ステップ570： VLCにより量子化された固有特徴をコード化する。このステップは省略しても良い。

【0070】

【発明の効果】

本発明は、人の顔面を記述するのに極めて有効である。二次固有顔面は、学習用顔面イメージを用いて1回の計算だけ得られるため、二次特徴を一次特徴と同じくらい効率良く得ることができる。詳細情報は高次固有特徴を用いて明らかにすることができるため、一次および二次特徴の組合せのパフォーマンスは同一個数の一次固有特徴に比べて、視角に影響されない顔面記述において優れている。二次固有特徴は照明に影響されない顔面記述能力において、一次固有特徴よりはるかに優れている。本発明は人の顔面を記述するのに極めて有効かつ効率的である。本記述法はインターネットマルチメディアデータベース検索、ビデオ編集、電子図書館、監視／追跡、および顔面認識／照合を広範に用いるその他の用途で利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】  $i$  次特徴

$W^{(1)}$

を計算する手順を示すフローチャートである。

【図2】 再構成顔面、対応する原顔面および二次残余イメージを示す図であ

る。

【図 3】 固有顔面の鏡像形成を得る手順を示す模式図である。

【図 4】 照明に影響されない顔面記述子を生成するフローチャートである。

【図 5】 視角に影響されない顔面記述子を生成するフローチャートである。

【符号の説明】

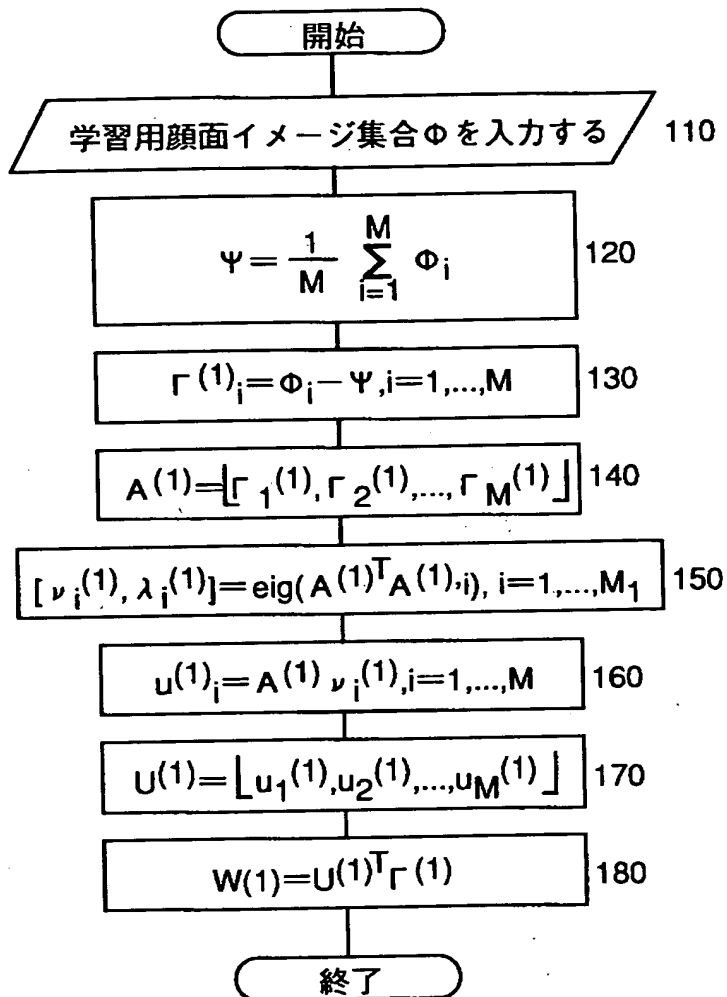
3 2 0 再整形

3 4 0 鏡像形成を行なう

3 6 0 再整形

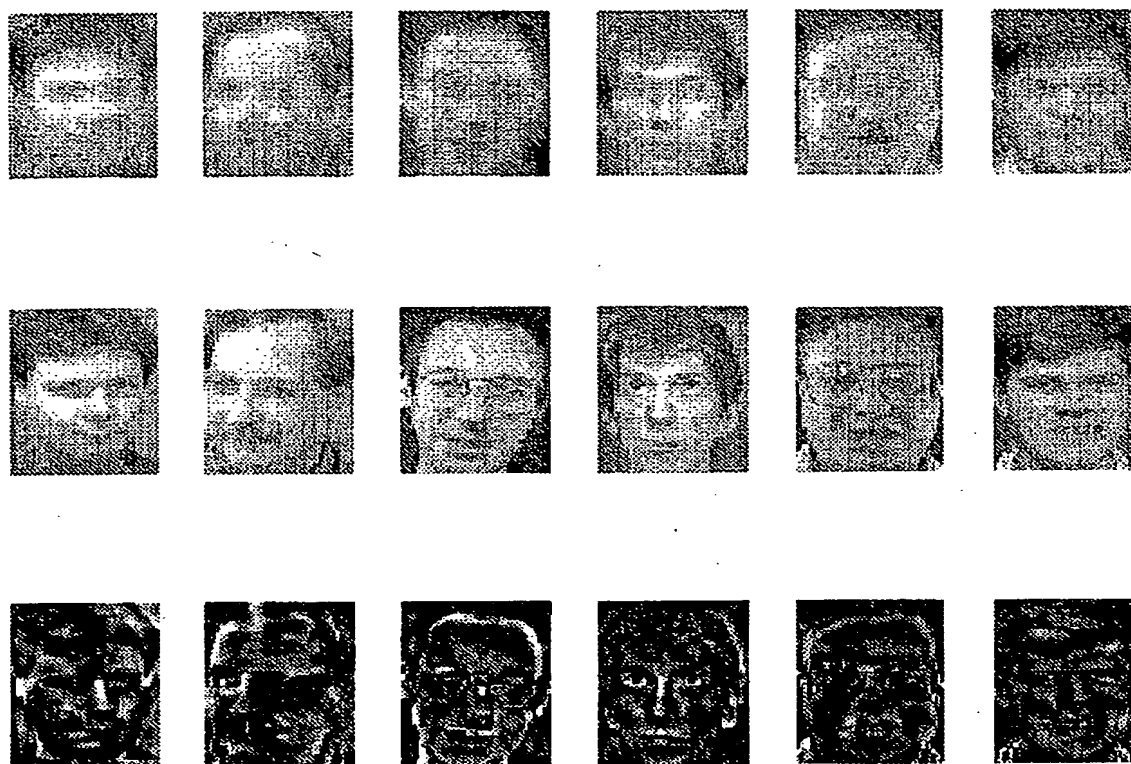
【書類名】 図面

【図 1】

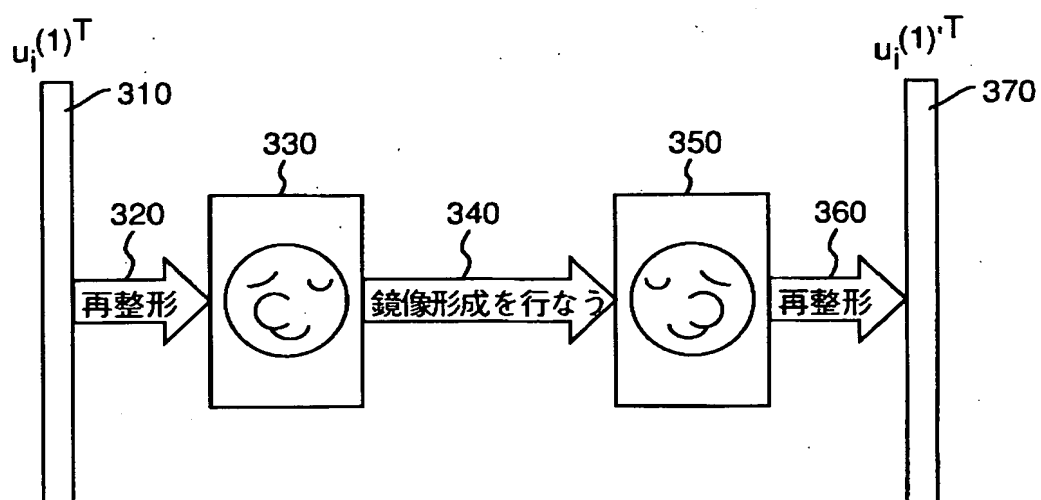




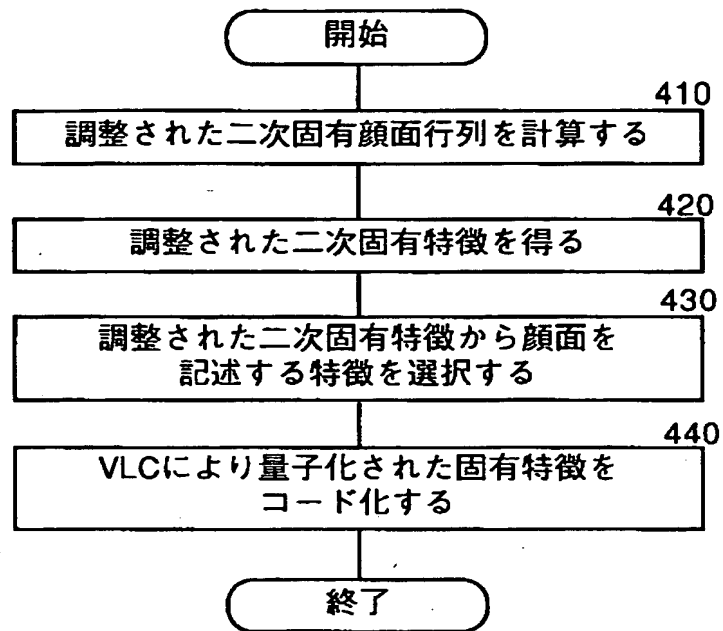
【図 2】



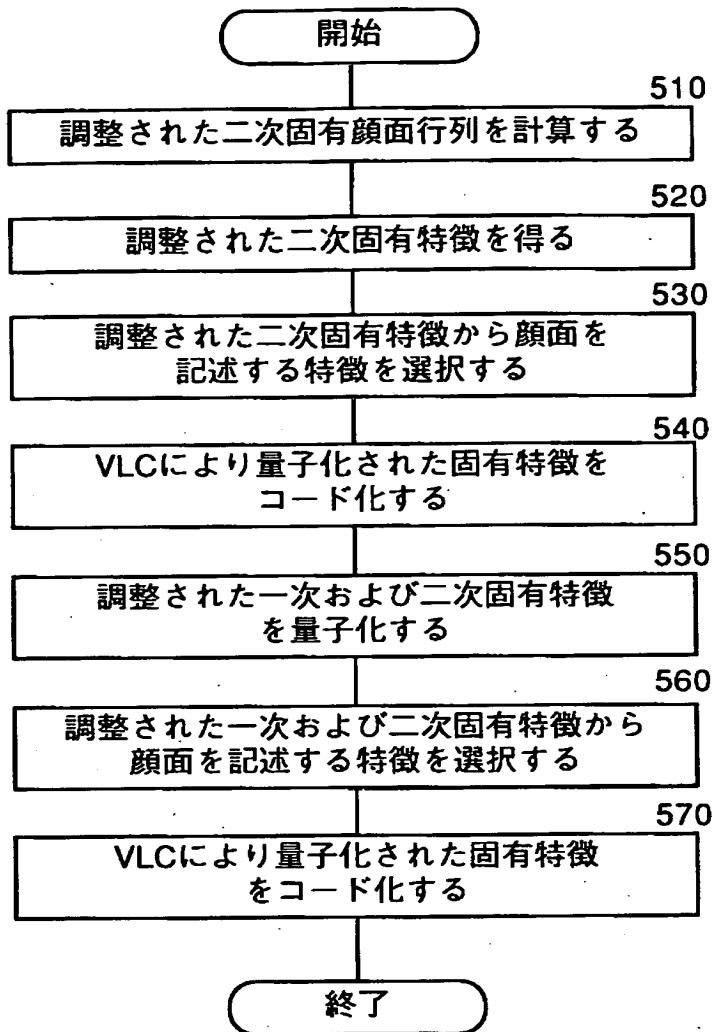
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 インターネット等のマルチメディアデータベース検索、電子図書館、ビデオ編集、監視／追跡、および顔面認識／照合等で利用することができ、照明に影響されない人の顔面を解釈して認識する方法を提供する。

【解決手段】 照明に影響されない顔面記述に二次固有特徴が、視角に影響されない顔面記述に一次および二次固有特徴の両方が用いられる。正規化および量子化が行なわれた後で、これらの特徴が顔面を効果的かつ効率的に記述できる。さらに顔面記述子のサイズを減らすために、可変長コードを用いて量子化固有特徴を符号化することができる。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社